

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 23 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02480

研究課題名（和文）粗大結晶粒金属材料と機械学習を用いた新規アプローチ法による結晶塑性解析の高精度化

研究課題名（英文）Improvement in predictive accuracy of crystal-plasticity analysis by utilizing oligocrystal metal and machine learning

研究代表者

浜 孝之（Hama, Takayuki）

京都大学・エネルギー科学研究科・教授

研究者番号：10386633

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、粗大結晶粒材とデータ駆動科学を活用することで、結晶塑性モデルにおけるパラメータ同定の高精度化を実現することを目的とした。まず、結晶粒を粗大化させた種々の金属材料における結晶粒レベルでの変形挙動を実験的に明らかにした。続いて、結晶塑性有限要素法とデータ同化技術を組み合わせることで、粗大結晶粒材の結晶粒レベルでの変形挙動予測に資するパラメータの推定を試みた。その結果、提案した手法により比較的効率良くパラメータの推定を実現できることが明らかになった。本研究の成果は、軽量化に資する多様な金属板の塑性変形挙動の高精度な予測につながり、輸送機器軽量化への貢献が期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、金属材料の変形挙動の高精度なモデル化が期待される結晶塑性構成式について、全く新しいアプローチによりパラメータを同定する手法を提案した。本研究の大きな学術的意義の一つは、データ駆動科学の新しい活用方法を提案した点である。また本研究では、提案した手法の有効性を示すとともに、素材における結晶粒レベルでの不均一変形挙動の発現メカニズムを明らかにし、金属材料変形の本質に迫る学術的知見を得た。これらの成果は、輸送機器の軽量化に資する種々の材料における変形挙動の高精度な予測と、その結果として輸送機器軽量化の促進につながることを期待され、大きな社会的意義を持つ。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to develop a new procedure of accurate parameter identification for crystal plasticity models by utilizing coarse-grained materials and data-driven science. First, grain-level deformation behaviors of different coarse-grained metallic materials were examined experimentally. Then, by combining a crystal plasticity finite-element method and a data assimilation technique, we estimated crystal plasticity parameters suitable for accurate prediction of strain fields at the grain level of a coarse-grained material. It was found that the parameters that gave good prediction of strain fields could be estimated relatively easily by the proposed method. It is expected that the achievements of this work accelerate understanding deformation behavior of environmentally-friendly metals, which would eventually lead to weight reduction of vehicles.

研究分野：機械工学

キーワード：結晶塑性有限要素法 データ同化 粗大結晶粒材

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

地球環境負荷の低減を目的として、輸送機器の軽量化が喫緊の課題となっている。そのため近年では、高張力鋼板やアルミニウム合金板などの環境調和型金属板がプレス成形部品に採用されている。一方、素材によって変形特性が異なるため、素材に応じた成形条件の最適化が不可欠であるが、現場での試行錯誤だけでは最適化が難しい。そのため現在では、数値シミュレーションを活用した工程設計支援が一般的である。

数値シミュレーションでは、素材の変形特性は材料構成式によって表現される。従来型の構成式は巨視的な塑性変形挙動の数式表現に主眼を置く。そのため、新しい変形特性が見いだされ、シミュレーションにおいてその考慮が必要になる度に、数式の修正が必要となる。しかしながら、その作業には緻密な研究開発が求められ、多大な労力と時間を要する。それに対して最近、結晶塑性構成式が注目されている。これは塑性変形を素過程から数式化した構成式であり、巨視的塑性変形そのものを予測するだけでなく結晶粒レベルの微視的変形の発展や実験的に未知の現象も潜在的に予測できるのが特長である。このことから、結晶塑性構成式を材料構成式として用いればシミュレーションの精度向上と高機能化が期待されるため、その実用化が切望されている。

一方、その実現には解決すべきいくつかの課題がある。その一つが、結晶塑性構成式で必要となる諸材料パラメータの同定が難しいことである。この課題の要因の一つとして、多数のパラメータを客観的に決めるだけの実験データを得ることが難しい点が挙げられる。すなわち、通常は実験で得られた種々の条件下の応力 - ひずみ関係や Lankford 値の発展などが再現できるようにパラメータが決定されるが、実際に取得可能な実験データに限られるため、一意的な決定が難しいのが現状である。

この問題に対して筆者らは、応力 - ひずみ関係などの“点の情報”だけでなく、ひずみ分布などの“面の情報”も参照すれば実験と比較可能なデータが飛躍的に増え、パラメータ同定精度の向上に寄与できるのではないかと考えた。またこのアプローチは、結晶粒を粗大化させた材料とデータ駆動科学を活用することで具現化できる可能性を見出した。すなわち、粗大結晶粒材の変形時に生じる結晶粒レベルでのひずみ分布をデジタル画像相関法(DIC法)で実測し、それが結晶塑性構成式を用いた解析で高精度に予測できるようにデータ同化[1]を用いてパラメータを最適化することで、実現できると考えた。このアプローチにおいて粗大結晶粒材を用いるのは、一般的なサイズの試験片を用いた材料試験でもDIC法によりきめ細かいひずみ分布が測定できるためである。また、厚さ方向に高々一結晶粒しか持たない試験片を用いれば、厚さ方向の不均一変形が無視でき、解析との比較が容易であるといった利点も有する。

### 2. 研究の目的

以上を踏まえて本研究では、粗大結晶粒材とデータ同化を組み合わせた新規なアプローチにより、結晶塑性構成式のパラメータ同定の高精度化を目指す。また、その基盤となる結晶粒レベルでの微視的変形に注目して、微視的な不均一変形挙動の特性とその発現メカニズムを明らかにすることで、金属材料の変形挙動について系統的な理解を目指す。

### 3. 研究の方法

#### (1) 結晶塑性構成式[2,3]

解析で用いた結晶塑性構成式を概説する。基礎となる塑性速度勾配テンソル  $L^p$  は、次式で与えられる。

$$L^p = \sum_{\alpha=1}^N \dot{\gamma}^{\alpha} S^{\alpha}, \quad S^{\alpha} = s^{\alpha} \otimes m^{\alpha} \quad (1)$$

ここで  $\dot{\gamma}^{\alpha}$  はすべり系  $\alpha$  におけるすべり速度、 $s^{\alpha}$  および  $m^{\alpha}$  はそれぞれすべり方向およびすべり面法線を表す単位ベクトルである。 $\dot{\gamma}^{\alpha}$  は次式のひずみ速度依存型の式で与える。

$$\frac{\dot{\gamma}^{\alpha}}{\dot{\gamma}_0} = \left| \frac{\tau^{\alpha}}{\tau_Y^{\alpha}} \right|^{\frac{1}{m}} \text{sign}(\tau^{\alpha}), \quad \tau^{\alpha} = s^{\alpha} \cdot \sigma \cdot m^{\alpha} \quad (2)$$

$\dot{\gamma}_0$  は基準すべり速度、 $\tau^{\alpha}$  は分解せん断応力、 $m$  はひずみ速度感受性指数に相当する。 $\tau_Y^{\alpha}$  はすべり抵抗であり、その初期値は初期臨界分解せん断応力  $\tau_0$  と一致する。塑性変形の進行に伴う加工硬化は  $\tau_Y^{\alpha}$  の発展により表現される。

$$\begin{aligned} \dot{\tau}_Y^{\alpha} &= \sum_{\beta} h_{\alpha\beta} |\dot{\gamma}^{\beta}|, \quad h_{\alpha\beta} = \frac{\mu}{2} g_{\alpha\beta} \left( \sum_{\kappa} g_{\alpha\kappa} \rho^{\kappa} \right)^{\frac{1}{2}} \left[ \frac{1}{L^{\beta}} - 2y_c \rho^{\beta} \right], \\ L^{\alpha} &= \frac{K}{\sqrt{\sum_{\kappa} g_{\alpha\kappa} \rho^{\kappa}}}, \quad \dot{\rho}^{\alpha} = \frac{1}{b} \left( \frac{1}{L^{\alpha}} - 2y_c \rho^{\alpha} \right) |\dot{\gamma}^{\alpha}| \end{aligned} \quad (3)$$

ここで、 $\rho^{\alpha}$  はすべり系  $\alpha$  の転位密度、 $\mu$  はせん断係数、 $y_c$  は転位の対消滅を表す係数、 $g_{\alpha\beta}$  は転位の相互作用行列を表す。 $L^{\alpha}$  はすべり系  $\alpha$  における転位の平均自由行程であり、 $K$  は林転位の影響

を表す係数， $b$  はバーガースベクトルの大きさである．

## (2) 実験および解析条件

実験では，結晶粒を粗大化させた種々の金属材料を用いて一軸引張試験や単純せん断試験を行い，試験片平行部のひずみ場を DIC 法により測定した[4, 5]．DIC 法には，GOM Correlate Professional V8 (GOM GmbH) を用いた．極低炭素鋼板を例[4]として，電子線後方散乱回折法 (EBSD 法) により測定した試験片平行部の逆極点図マップを図 1(a)に示す．平均粒径は約 0.47 mm であり，ランダムに近い結晶方位分布を持つ．

解析では，前述の結晶塑性構成式を用いた有限要素法により実験を模擬した一軸引張や単純せん断変形の解析を行った[5, 6]．図 1(a)の黒枠部に基づいて有限要素モデルを作製し，実験を模擬した境界条件を与えた．作成した有限要素モデルを図 1(b)に示す．なおモデルでは，全ての結晶粒が板厚方向に貫通していると仮定した．有限要素には選択低減積分に基づく 8 節点ソリッド要素を用いた．

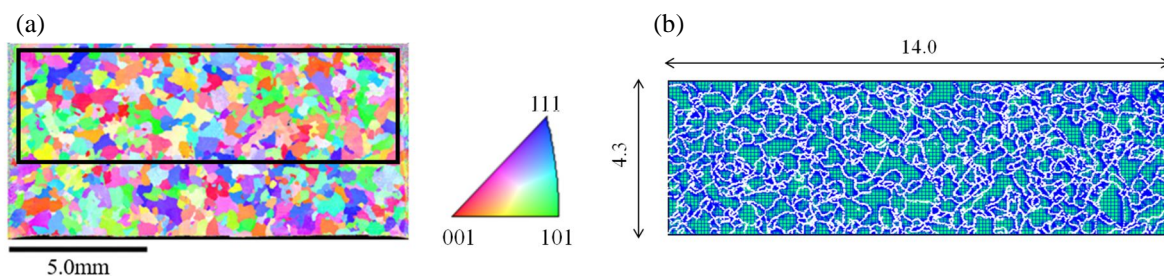


図 1 粗大結晶粒を持つ極低炭素鋼板における結晶方位分布の例．(a)実測結果[4]，(b)解析モデル[6]．(b)における白線は結晶粒界を表す．

## 4. 研究成果

紙面の都合上ここでは，粗大結晶粒を持つ純アルミニウム板を対象として結晶塑性パラメータの推定を行った事例[5]を紹介する．本材料の平均粒径は約 5.1mm である．ここでは一軸引張試験を行い，データ同化により試験片平行部におけるひずみ場の予測に資するパラメータの推定を試みた．

結晶塑性有限要素法解析で用いるパラメータの初期値は，平均応力 - 平均ひずみ曲線に基づいて決定した  $x$  方向の平均ひずみが 0.004 のときの試験片平行部における  $x$  方向垂直ひずみ  $\varepsilon_{xx}$  の分布に関する実験結果および初期値を用いた解析結果を，図 2(a)および図 2(b)にそれぞれ示す．実験では，結晶粒 ， においてひずみの局所化が見られる．解析では，実験結果を良好に

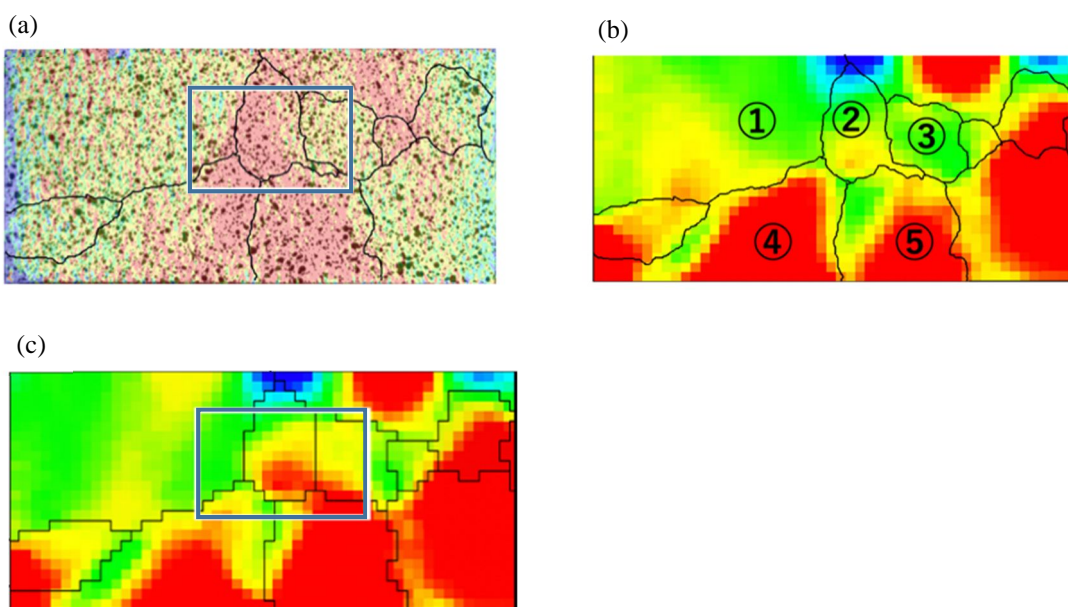


図 2 粗大結晶粒純アルミニウムで得られた平均ひずみ 0.004 における  $\varepsilon_{xx}$  分布[5]．(a)実験結果，(b)初期パラメータによる解析結果，(c)データ同化で推定したパラメータによる解析結果．

予測できている部位も見られる一方で、特に結晶粒 における局所化など実験とは大きく異なる傾向を示す部位が多い。そこで、アンサンブル 4 次元変分法に基づくデータ同化により図 2(a) 中の青枠部におけるひずみ分布の再現を目的としたパラメータの推定を実施した。ここでは、パラメータのみ可変とし、その他の条件は当初の条件と同じとした。得られた結果を図 2(c)に示す。全体的には実験と大きく異なる領域が依然として多いものの、結晶粒 を含む青枠部では推定前に比べると実験に近い結果が得られている。まだ改善の余地は大きいものの、以上の結果より、本アプローチによるパラメータ同定精度向上の可能性が示された。ここでは面心立方金属であるアルミニウムへの適用事例を示したが、よりパラメータ数の多い体心立方金属や六方晶金属へも適用を拡大することで、輸送機器の軽量化に資する種々の環境調和型金属材料の予測精度向上につながる可能性があり、将来的な地球環境問題への貢献も期待される。

#### 参考文献

- [1] Ishii, A., Yamanaka, A., Miyoshi, E., Okada, Y., and Yamamoto, A.: Model. Simul. Mater. Sci., **29** (2021), 065012.
- [2] Hama, T., Yagi, S., Tatsukawa, K., Maeda, Y., Maeda, Y., and Takuda, H.: Int. J. Plasticity, **137**(2021), 102913.
- [3] Hama, T., Namakawa, R., Maeda, Y., and Maeda, Y.: Mater. Trans., **62**-8(2021), 1124-1132.
- [4] Hama, T., Nishi, T., Oka, M., Matsuno, T., Okitsu, Y., Hayashi, S., and Takada, K.: ISIJ Int., **61**-6(2021), 1971-1979.
- [5] 洞田真佑, 西拓樹, 山中晃徳, 内田壮平, 浜孝之: 73 回塑加連講論, (2022), 207-208.
- [6] 浜孝之, 岡将司, 西拓樹, 松野崇, 林誠次, 高田賢治, 興津貴隆: 鉄と鋼, 109(2023), 547-558.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 18件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Hama Takayuki, Higuchi Koichi, Yoshida Hikaru, Jono Yuri	4. 巻 926
2. 論文標題 Work-Hardening Behavior of a ZX10 Magnesium Alloy Sheet under Monotonic and Reverse Loadings	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Key Engineering Materials	6. 最初と最後の頁 926 ~ 932
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4028/p-7bgcsj	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hama T.	4. 巻 28
2. 論文標題 Anisotropic deformation behavior during cup drawing at room temperature of a ZX10 magnesium alloy sheet	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Materials Research Proceedings	6. 最初と最後の頁 711-716
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21741/9781644902479-77	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Murasawa Kodai, Ueno Kota, Kusuda Yoshinori, Takamura Masato, Hama Takayuki, Hakoyama Tomoyuki, Suzuki Shinsuke	4. 巻 62
2. 論文標題 Prediction of the Stress Decreasing Behavior in the Early Stage of Stress Relaxation in Steel Sheet	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ISIJ International	6. 最初と最後の頁 1004 ~ 1012
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2021-423	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Watanabe Yuto, Matsuno Takashi, Hama Takayuki, Matsuda Tomoko, Okitsu Yoshitaka, Hayashi Seiji, Takada Kenji, Naito Tadashi	4. 巻 109
2. 論文標題 Microstructural Ductile Fracture Analysis of 1180-MPa Class Martensite-Matrix Dual-phase Steel via in-situ Tensile Test	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Tetsu-to-Hagane	6. 最初と最後の頁 536-546
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2355/tetsutohagane.TETSU-2022-100	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 浜 孝之	4. 巻 6
2. 論文標題 粗大結晶粒金属の不均一挙動 実験と結晶塑性有限要素法解析	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ぷらすとす	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 浜 孝之	4. 巻 6
2. 論文標題 六方晶金属の結晶塑性モデリングとその板材成形解析への応用	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ぷらすとす	6. 最初と最後の頁 13~17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.32277/plastos.6.61_13	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakata T., Hama T., Sugiya K., Kamado S.	4. 巻 852
2. 論文標題 Understanding room-temperature deformation behavior in a dilute Mg-1.5Zn-0.09Ca (mass%) alloy sheet with weak basal texture	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: A	6. 最初と最後の頁 143638 ~ 143638
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2022.143638	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hama Takayuki, Nakata Taiki, Higuchi Koichi, Yoshida Hikaru, Jono Yuri	4. 巻 869
2. 論文標題 Plastic deformation behavior of a Mg-1.5Zn-0.1Ca (mass%) alloy sheet under different strain paths	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: A	6. 最初と最後の頁 144772 ~ 144772
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2023.144772	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hama Takayuki, Oka Masashi, Nishi Takuna, Matsuno Takashi, Hayashi Seiji, Takada Kenji, Okitsu Yoshitaka	4. 巻 109
2. 論文標題 Crystal Plasticity Finite-element Simulation of Non-uniform Deformation Behavior at Grain Level of Ultralow Carbon Steel	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Tetsu-to-Hagane	6. 最初と最後の頁 547-558
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2355/tetsutohagane.TETSU-2022-097	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hama Takayuki, Hirano Kaho, Matsuura Ryo	4. 巻 15
2. 論文標題 Cylindrical cup drawing of a commercially pure titanium sheet: experiment and crystal plasticity finite-element simulation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Material Forming	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12289-022-01655-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hama Takayuki, Namakawa Ryota, Maeda Yasuhiro, Maeda Yasushi	4. 巻 62
2. 論文標題 Prediction of Work-Hardening Behavior under Various Loading Paths in 5083-O Aluminum Alloy Sheet Using Crystal Plasticity Models	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 1124 ~ 1132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-M2021020	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hama Takayuki, Nishi Takuna, Oka Masashi, Matsuno Takashi, Okitsu Yoshitaka, Hayashi Seiji, Takada Kenji, Takuda Hirohiko	4. 巻 61
2. 論文標題 Non-uniform Deformation Behavior of Coarse-grained Ultralow Carbon Steel Measured Using Digital Image Correlation Method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ISIJ International	6. 最初と最後の頁 1971 ~ 1979
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2020-712	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Huang Wenjia, Ma Ninshu, Ma Yunwu, Amaishi Toshiro, Takada Kenji, Hama Takayuki	4. 巻 14
2. 論文標題 Material Model Development of Magnesium Alloy and Its Strength Evaluation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 454 ~ 454
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma14020454	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hama Takayuki, Yagi Shogo, Tatsukawa Koji, Maeda Yasuhiro, Maeda Yasushi, Takuda Hirohiko	4. 巻 137
2. 論文標題 Evolution of plastic deformation behavior upon strain-path changes in an A6022-T4 Al alloy sheet	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Plasticity	6. 最初と最後の頁 102913 ~ 102913
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijplas.2020.102913	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ueno Kota, Murasawa Kodai, Suzuki Yurina, Takamura Masato, Hama Takayuki, Hakoyama Tomoyuki, Suzuki Shinsuke	4. 巻 84
2. 論文標題 Investigation on the Plastic Strain Dependence of Dislocation Velocity Using Dislocation Velocity-Stress Exponent and Dislocation Velocity Coefficient	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Japan Institute of Metals and Materials	6. 最初と最後の頁 326 ~ 333
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/jinstmet.J2020026	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Suzuki Yurina, Ueno Kota, Murasawa Kodai, Kusuda Yoshinori, Takamura Masato, Hakoyama Tomoyuki, Hama Takayuki, Suzuki Shinsuke	4. 巻 794
2. 論文標題 Effect of surface area of grain boundaries on stress relaxation behavior in pure copper over wide range of grain sizes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: A	6. 最初と最後の頁 139585 ~ 139585
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msea.2020.139585	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -



1. 著者名 Hama Takayuki	4. 巻 60
2. 論文標題 Crystal Plasticity Modeling for Non-ferrous Metals and its Engineering Applications	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ISIJ International	6. 最初と最後の頁 1849 ~ 1862
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2020-011	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hama Takayuki, Suzuki Tomotaka, Nakatsuji Yuya, Sakai Takeyuki, Takuda Hirohiko	4. 巻 61
2. 論文標題 Time-Dependent Springback of Various Sheet Metals: An Experimental Study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 941 ~ 947
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2320/matertrans.MT-M2019283	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計30件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Hama, T., Higuchi, K., and Nakata, Y.
2. 発表標題 Anisotropic deformation behavior during cup drawing at room temperature of a ZX10 magnesium alloy sheet
3. 学会等名 26th International Conference on Material Forming (ESAFORM2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hama, T., Higuchi, K., Uchida, S., and Jono, Y.
2. 発表標題 Crystal plasticity modeling of deformation behavior of a ZX10 Magnesium alloy sheet under various strain paths
3. 学会等名 15th World Congress on Computational Mechanics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hama, T., Higuchi, K., Yoshida, H., and Jono, Y.
2. 発表標題 Work-hardening behavior of a ZX10 Magnesium alloy sheet under monotonic and reverse loadings
3. 学会等名 25th International Conference on Material Forming (ESAFORM2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松野崇, 落合勇太, 浜孝之, 北條智彦, 興津貴隆, 高村正人
2. 発表標題 陰極チャージ面内曲げ試験を用いたホットスタンプ材微小クリアランス抜き穴の遅れ破壊応力閾値の同定
3. 学会等名 第73回塑性加工連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 浜孝之, 樋口晃一, 城野百合
2. 発表標題 ZX10マグネシウム合金板の塑性変形挙動に関する結晶塑性モデリング
3. 学会等名 第73回塑性加工連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山本樹奈, 平山健太郎, 前田康裕, 前田恭志, 浜孝之
2. 発表標題 6022アルミニウム合金板におけるせん断応力を含む多軸応力下における材料モデリング
3. 学会等名 第73回塑性加工連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 洞田真佑, 西拓樹, 山中晃徳, 内田壮平, 浜孝之
2. 発表標題 非逐次データ同化による純アルミニウムの結晶塑性パラメータの推定
3. 学会等名 第73回塑性加工連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田村悠真, 松野崇, 内藤正志, 興津貴隆, 高田賢治, 浜孝之
2. 発表標題 フェライト - マルテンサイト複合組織鋼板の結晶塑性解析における各相の加工硬化特性が巨視的変形に及ぼす影響
3. 学会等名 第73回塑性加工連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 緩詰晃太, 吉田健吾, 浜孝之
2. 発表標題 結晶塑性解析による液圧バルジ試験で得られた加工硬化特性の予測
3. 学会等名 第73回塑性加工連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 浜孝之, 田村悠真, 菅野偉太, 松野崇, 内藤正志, 興津貴隆
2. 発表標題 フェライト-マルテンサイト複合組織鋼板における各相の微視的評価とその結晶塑性有限要素解析への応用
3. 学会等名 日本鉄鋼協会 第184回秋季講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中田悠斗, 樋口晃一, 浜孝之
2. 発表標題 ZX10マグネシウム合金板の円筒絞り成形における異方変形挙動
3. 学会等名 2022年度塑性加工春季講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中智也, 岡上隆一郎, 浜孝之
2. 発表標題 JIS1種純チタン板の非線形ひずみ経路における塑性流動
3. 学会等名 2022年度塑性加工春季講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋智也, 中川光葉, 松野崇, 北條智彦, 高村正人, 浜孝之
2. 発表標題 亀裂線追加法を用いた観察ベースせん断加工シミュレーションによる切り口残留応力の解析
3. 学会等名 2022年度塑性加工春季講演会講演論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡辺優斗, 松野崇, 浜孝之, 松田知子, 興津貴隆, 林誠次
2. 発表標題 SEM内引張試験による超高張力マルテンサイト・フェライト二相組織鋼の微視亀裂生成箇所の観察
3. 学会等名 2022年度塑性加工春季講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 末松咲希, 坂口颯, 岸本拓磨, 浜孝之, 鈴木進補
2. 発表標題 結晶塑性有限要素法による極細ステンレス鋼管の空引きにおける内面の高さ変化の解析
3. 学会等名 第29回機械材料・材料加工技術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田村悠真, 畠山健太郎, 松野崇, 興津貴隆, 高田賢治, 林誠次, 浜孝之
2. 発表標題 フェライト-マルテンサイト複合組織鋼板の塑性変形挙動に関する結晶塑性解析
3. 学会等名 第72回塑性加工連合講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 塚本摩耶, 松浦遼, 前田康裕, 前田恭志, 浜孝之
2. 発表標題 6022アルミニウム合金板材の加工硬化挙動とその現象論および結晶塑性モデリング
3. 学会等名 第72回塑性加工連合講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 樋口晃一, 吉田輝, 城野百合, 浜孝之
2. 発表標題 種々の負荷経路におけるZX10マグネシウム合金板の塑性変形挙動
3. 学会等名 第72回塑性加工連合講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浜孝之, 月原啓志, 金英俊, 岡田直人
2. 発表標題 SUS430ステンレス鋼板の結晶塑性解析精度に及ぼす潜在硬化パラメータの影響
3. 学会等名 第72回塑性加工連合講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浜孝之, 岡上隆一郎, 達川昴至, 前田康裕, 前田恭志
2. 発表標題 軟鋼板における非線形負荷経路下での塑性変形挙動
3. 学会等名 日本機械学会M&M2021カンファレンス
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浜孝之, 岡将司, 西拓樹, 松野崇, 興津貴隆, 林誠次, 高田賢治
2. 発表標題 粗大結晶粒極低炭素鋼における不均一変形挙動に関する結晶塑性有限要素解析
3. 学会等名 2021年度塑性加工春季講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hama, T.
2. 発表標題 Crystal plasticity finite-element simulation of non-uniform deformation behavior in coarse-grained steel
3. 学会等名 International Symposium on Technology of Plasticity for Celebrating KSTP ' s 30 years Anniversary (IS-KSTP30) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浜孝之
2. 発表標題 粗大結晶粒金属材料における不均一変形挙動
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第183回春季講演大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hama, T., Yagi, S., Maeda, Y., Maeda, Y., and Takuda, H.
2. 発表標題 Plastic flow of an Al alloy sheet under biaxial tension with strain path changes: an experimental study
3. 学会等名 IDDRG 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤井貴浩, 松野崇, 北條智彦, 浜孝之, 高村正人
2. 発表標題 陰極チャージ材面内曲げ試験によるせん断加工部の遅れはかい耐性評価
3. 学会等名 第71回塑性加工連合講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中川雄介, 松野崇, 浜孝之, 内藤正志, 興津貴隆, 林誠次, 高田賢治
2. 発表標題 小丸棒引張試験片による自動車用薄鋼板の大変形域変形抵抗の測定
3. 学会等名 第71回塑性加工連合講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浜孝之, 平山健太郎, 宅田裕彦
2. 発表標題 種々の応力状態における軟鋼板の非線形除荷挙動
3. 学会等名 第71回塑性加工連合講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浜孝之, 岡上隆一郎, 達川昂至, 前田康裕, 前田恭志, 宅田裕彦
2. 発表標題 非線形二軸負荷経路での軟鋼板の塑性流動とその発展
3. 学会等名 第71回塑性加工連合講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浜孝之, 西拓樹, 岡将司, 松野崇, 興津貴隆, 林誠次, 宅田裕彦
2. 発表標題 デジタル画像相関法による粗大結晶粒極低炭素鋼における不均一変形挙動の調査
3. 学会等名 第71回塑性加工連合講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浜孝之, 月原啓志, 金英俊, 岡田直人, 宅田裕彦
2. 発表標題 SUS403ステンレス鋼板のV曲げ解析における結晶塑性モデルの適用
3. 学会等名 第71回塑性加工連合講演会
4. 発表年 2020年



〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	高村 正人  (Takamura Masato)  (00525595)	国立研究開発法人理化学研究所・光量子工学研究センター・ 上級研究員   (82401)	
研究分担者	山中 晃徳  (Yamanaka Akinori)  (50542198)	東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・教授   (12605)	
研究分担者	内田 壮平  (Uchida Sohei)  (70736305)	地方独立行政法人大阪産業技術研究所・和泉センター・主任 研究員   (84431)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------